

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

12.01.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年 1 2 月 2 4 日  
Date of Application:

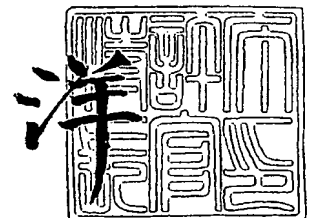
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 4 2 6 9 0 2  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 4 2 6 9 0 2 ]

出 願 人            京セラ株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   2 月 1 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



BEST AVAILABLE COPY

出証番号   出証特 2 0 0 5 - 3 0 1 2 0 8 7

【書類名】 特許願  
【整理番号】 0000335731  
【提出日】 平成15年12月24日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 41/08  
【発明者】  
    【住所又は居所】 鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内  
    【氏名】 平 隆晶  
【発明者】  
    【住所又は居所】 鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内  
    【氏名】 岡村 健  
【発明者】  
    【住所又は居所】 鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内  
    【氏名】 寺園 正喜  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000006633  
    【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地  
    【氏名又は名称】 京セラ株式会社  
    【代表者】 西口 泰夫  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 005337  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項 1】

それぞれ、Pb成分を含む圧電体層と、Pd成分を含む導体層とを交互に積層してなる積層型圧電素子において、前記圧電体層と前記導体層との界面における前記PbおよびPdとの反応層の厚みが、前記圧電体層の最大厚みの3%以下であることを特徴とする積層型圧電素子。

## 【請求項 2】

圧電体層の厚みが50  $\mu$ m以上であることを特徴とする請求項1に記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 3】

圧電体層は、AサイトにPbを、BサイトにZrおよびTiを少なくとも含むペロブスカイト型複合酸化物により構成される圧電磁器からなるとともに、サイト比A/B<1の関係を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 4】

導体層の厚みが1  $\mu$ m以上であることを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 5】

導体層中の金属成分が、VIII族金属およびIb族金属の両方を主成分としたことを特徴とする請求項1乃至4のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 6】

VIII族金属の含有量をM1質量%、Ib族金属の含有量をM2質量%としたとき、 $0.001 \leq M1 \leq 15$ 、 $85 \leq M2 \leq 99.999$ 、 $M1 + M2 = 100$ 質量%の関係を満足することを特徴とする請求項1乃至5のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 7】

VIII族金属がNi、Pt、Rh、Ir、Ru、Osのうち少なくとも1種、Ib族金属がCu、Ag、Auのうち少なくとも1種であることを特徴とする請求項1乃至6のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 8】

VIII族金属がPtであり、Ib族金属がAg、Auのうち少なくとも1種であることを特徴とする請求項1乃至7のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 9】

VIII族金属がNiであることを特徴とする請求項1乃至8のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 10】

Ib族金属がCuであることを特徴とする請求項1乃至9のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 11】

導体層中に無機成分を含有してなることを特徴とする請求項1乃至10のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 12】

無機成分が、圧電体層と同じ成分であることを特徴とする請求項1乃至11のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 13】

無機成分の平均粒径が、圧電体層の平均粒径よりも小さいことを特徴とする請求項1乃至12のうちいずれか記載の積層型圧電素子。

## 【請求項 14】

Pb成分を含む圧電粉末を有するグリーンシートと、Pdを含む導体パターンとを形成し、これらを交互に複数積層して圧電積層体を形成する工程と、該圧電積層体を、酸素濃度 $10^{-12}$  atm~0.195 atmの雰囲気中にて焼成して積層圧電体本体を形成する工程と、該積層圧電体本体の端面に外部電極ペーストを塗布した後に熱処理して外部電極

を有する積層型圧電素子を形成する工程とを具備することを特徴とする積層型圧電素子の製法。

【請求項 15】

焼成温度が 1000℃以下であることを特徴とする請求項 14 に記載の積層型圧電素子の製法。

【請求項 16】

噴射孔を有する収納容器と、該収納容器内に収容された請求項 1 乃至 13 のうちいずれか記載の積層型圧電素子と、該積層型圧電素子の駆動により前記噴射孔から液体を噴出させるバルブとを具備してなることを特徴とする噴射装置。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】積層型圧電素子およびその製法、並びに噴射装置

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、積層型圧電素子およびその製法、並びに噴射装置に関し、特に、導体層を有し同時焼成型の積層型圧電アクチュエータ、圧電トランス、インクジェット用プリンターヘッド等に適する積層型圧電素子およびその製法、並びに噴射装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来より、導体層を有する同時焼成型の積層型圧電素子が開発され、積層型の圧電アクチュエータ、圧電トランス、インクジェット用プリンターヘッド等に応用されているが、このような同時焼成型の積層型圧電素子は、セラミックグリーンシートと導体パターンを交互に積層した積層体を、例えば大気中にて同時焼成され、これに外部電極を形成することによって圧電体層が有する逆圧電効果を利用する素子を形成できるというものである（例えば、特許文献1、2）。

【特許文献1】特開2002-293625号

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

しかしながら、上記特許文献1に記載された積層型圧電素子では、圧電体層を構成する圧電磁器として $Pb(Zr, Ti)O_3$ を主体とするものを用い、一方、導体層として $Ag$ と $Pd$ との合金を用いて、 $1100^{\circ}C$ という高温で焼成しているために、焼成時に、磁器中の $Pb$ と導体成分の $Pd$ とが反応し、しかも圧電体層中に拡散してしまい圧電特性を低下させるという問題があった。

## 【0004】

従って、本発明は、圧電体層中への $Pb$ と $Pd$ との反応層の形成を抑制して優れた逆圧電効果が得られ、信頼性に優れた積層型圧電素子およびその製法、並びに噴射装置を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明の積層型圧電素子は、それぞれ、 $Pb$ 成分を含む圧電体層と、 $Pd$ 成分を含む導体層とを交互に積層してなる積層型圧電素子において、前記圧電体層と前記導体層との界面における前記 $Pb$ および $Pd$ との反応層の厚みが、前記圧電体層の最大厚みの3%以下であることを特徴とする。

## 【0006】

即ち、本発明の積層型圧電素子では、圧電体層と導体層とが相互に接着している状態にあって、圧電体層の厚みに対して、磁器成分の $Pb$ と導体層成分の $Pd$ との反応層の形成領域を抑制することにより、圧電体層の絶縁性を低下させず、優れた逆圧電効果を得ることができ、これにより信頼性に優れた積層型圧電素子を得ることができる。

## 【0007】

上記積層型圧電素子では、圧電体層の厚みが $50\mu m$ 以上であることを特徴とする。圧電体層の厚みを $50\mu m$ 以上とすることにより、磁器成分の $Pb$ と導体層成分の $Pd$ との反応層の形成領域からの影響をさらに小さくできる。

## 【0008】

上記積層型圧電素子では、圧電体層は、Aサイトに $Pb$ を、Bサイトに $Zr$ および $Ti$ を少なくとも含むペロブスカイト型複合酸化物により構成される圧電磁器からとともに、サイト比 $A/B < 1$ の関係を満足することを特徴とする。

## 【0009】

圧電体層を構成する磁器成分の $Pb$ 比を少なくすることにより、未反応の $Pb$ 成分の発生が抑制され、これにより導体成分である $Pd$ との反応生成物の形成を抑制できる。

**【0010】**

上記積層型圧電素子では、導体層の厚みが $1\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。即ち、本発明では、導体層の厚みを $1\mu\text{m}$ 以上とすることにより、導体層成分が圧電体層へ拡散しても導体層の欠損部分の影響を抑制でき、これにより導体層の有効面積を高く維持でき、静電容量などの特性の低下を抑えることができる。

**【0011】**

上記積層型圧電素子では、導体層中の金属成分がV I I I属金属およびI b属金属の両方を主成分としたことを特徴とし、特に、V I I I属金属の含有量をM1質量%、I b属金属の含有量をM2質量%としたとき、 $0.001 \leq M1 \leq 15$ 、 $85 \leq M2 \leq 99.9$ 、 $M1 + M2 = 100$ 質量%の関係を満足することを特徴とする。また、V I I I属金属がP t、R h、I r、R u、O sのうち少なくとも1種、I b属金属がA g、A uのうち少なくとも1種であることを特徴とする。特に、V I I I属金属がP t、I b属金属がA g、A uのうち少なくとも1種であることを特徴とする。

**【0012】**

即ち、本発明の積層型圧電素子によれば、導体層を構成するP dと他の金属成分とを上記のような組成とすることにより、P dの圧電体層成分であるP bとの反応を抑制でき、これにより優れた圧電特性を得ることができる。

**【0013】**

あるいは、V I I I属金属がN i、I b属金属がC uであることを特徴とする。また、本発明では、積層型圧電素子を構成する導体層の低コスト化を図るために導体層として卑金属成分を用いることもできる。

**【0014】**

また、上記積層型圧電素子では、導体層中に無機成分を含有してなること、その無機成分が、圧電体層と同じ成分であり、また、その平均粒径が、圧電体層の平均粒径よりも小さいことを特徴とする。即ち、本発明によれば、導体層中に無機成分を含むことにより、導体層と圧電体層との接着性を高めることができる。

**【0015】**

本発明の積層型圧電素子の製法は、P b成分を含む圧電粉末を有するグリーンシートと、P dを含む導体パターンとを形成し、これらを交互に複数積層して圧電積層体を形成する工程と、該圧電積層体を、酸素濃度 $10^{-12}\text{atm} \sim 0.195\text{atm}$ の雰囲気中で焼成して積層圧電体本体を形成する工程と、該積層圧電体本体の端面に外部電極ペーストを塗布した後に熱処理して外部電極を有する積層型圧電素子を形成する工程とを具備することを特徴とする。特に、焼成温度が $1000^\circ\text{C}$ 以下であることが望ましい。

**【0016】**

即ち、本発明の製法では、グリーンシートと導体パターンとが交互に積層された圧電積層体を同時焼成する場合に、酸素濃度 $10^{-12}\text{atm} \sim 0.195\text{atm}$ の雰囲気中で $1000^\circ\text{C}$ 以下の焼成を行うことにより、導体層中のP dの焼成中における酸化を抑制し、圧電体層中のP b Oとの反応を抑えることにより、導体層成分の圧電体層への拡散を防止できる。

**【0017】**

そして、前記した製法により得られる積層型圧電素子は、以下の構造を有する各種燃料やガスなどの媒体用の噴射装置として有用である。即ち、本発明の噴射装置は、噴射孔を有する収納容器と、該収納容器内に収容された上記の積層型圧電素子と、該積層型圧電素子の駆動により前記噴射孔から液体を噴出させるバルブとを具備してなることを特徴とする。

**【0018】**

こうして得られた噴射装置は、この装置の心臓部であるアクチュエータとして上記の高性能で低コストの積層型圧電素子を採用しているために、噴射装置としても高性能かつ低コスト化が図れるものである。

**【発明の効果】**

## 【0019】

即ち、本発明によれば、上記詳述したように、圧電体層と導体層とが相互に接着している状態にあって、圧電体層の厚みに対して、磁器成分のPbと導体層成分のPdとの反応層の形成領域を抑制することにより、圧電体層の絶縁性を低下させず、優れた逆圧電効果を得ることができ、これにより信頼性に優れた積層型圧電素子を得ることができる。

## 【0020】

こうした本発明の積層型圧電素子は、グリーンシートと導体パターンとが交互に積層された圧電積層体を同時焼成する場合に、導体層の成分中に、予めPbOを含有させておくことにより、導体層成分の圧電体層への拡散を防止できる。さらに、このような積層型圧電素子により信頼性の高い、例えば噴射装置のような応用製品を得ることができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0021】

まず、本発明の積層型圧電素子について説明する。図1は本発明の積層型圧電素子の一実施例を示す概略斜視図である。本発明の積層型圧電素子は、図1に示すように、それぞれ複数の圧電体層1と導体層2とを交互に積層してなる圧電積層体3の側面に外部電極4を接続し、さらに、各外部電極4にリード線6を接続して構成されている。

## 【0022】

本発明の圧電体層1は、AサイトにPbを、BサイトにZrおよびTiを少なくとも含むペロブスカイト型複合酸化物からなる圧電磁器であって、サイト比A/B<1の関係を満足することを特徴とする。圧電体層1を上記の組成とすることにより、圧電磁器のキュリー温度並びに実効的な圧電歪定数を高め、かつ高温耐久性を向上でき、かつ圧電体層1を構成する磁器成分のPb比を少なくすることにより、未反応のPb成分の発生が抑制され、これにより導体成分であるPdとの反応生成物の形成を抑制できる。

## 【0023】

なお、本発明のペロブスカイト型複合酸化物においては、前述のように、A/B比を0.98~1.02の範囲に、また、Zr、Tiの4元素の平均価数を4.002~4.009の範囲とすることが、圧電磁器中の酸素量を過剰にでき、金属であるPdとの反応を抑制し、また、磁器のキュリー温度並びに圧電歪み定数を高めることができるという点でより望ましい。

## 【0024】

また、本発明の積層型圧電素子を構成する圧電体層1の厚みは50μm以上、導体層2の厚みは1μm以上が好ましく、また、本発明の圧電体層1の平均結晶粒径は、1~6μm、特に、圧電特性を高めるとい理由から、1.5μm以上、特に、2μm以上、機械的強度を高めるとい理由から、4μm以下、特に、3μm以上が好ましい。圧電体層1を構成する平均結晶粒径を上記の範囲とすることにより、磁器が緻密になり導体層成分の拡散を前述した距離に容易に制御できる。

## 【0025】

一方、本発明の導体層2は、これを構成する金属成分がVIII属金属およびIb属金属の両方を主成分としたことが望ましく、特に、VIII属金属の含有量をM1質量%、Ib属金属の含有量をM2質量%としたとき、 $0.001 \leq M1 \leq 15$ 、 $85 \leq M2 \leq 99.999$ 、 $M1 + M2 = 100$ 質量%の関係を満足することが望ましく、特に、 $3 \leq M1 \leq 8$ 、 $92 \leq M2 \leq 97$ がより望ましい。

## 【0026】

ここで、VIII属金属はNi、Pt、Rh、Ir、Ru、Osのうち少なくとも1種、Ib属金属はCu、Ag、Auのうち少なくとも1種であること、特に、VIII属金属がPt、Pdのうち少なくとも1種、Ib属金属がAg、Auのうち少なくとも1種であること、還元雰囲気焼成に対しては、VIII属金属がNiであること、または、Ib属金属がCuであることがより望ましい。

## 【0027】

また、本発明の導体層2は、無機成分を含有してなり、その無機成分の成分は圧電体層

1と同じ成分であることが好ましく、さらには、この無機成分の平均粒径は、圧電体層1の平均粒径よりも小さいことが好ましい。さらに、圧電体層1、導体層2の積層数は、所望の特性を得るためにそれぞれ100~400層が好ましい。

#### 【0028】

図2は、本発明の積層型圧電素子を構成する圧電体層と導体層との界面の拡大模式図である。そして、本発明の積層型圧電素子では、圧電体層1と導体層2との界面における前記PbおよびPdとの反応層Rの厚み $t_1$ が、この圧電体層1の最大厚み $t_0$ の3%以下であることが重要であり、特に、その $t_1/t_0$ は、圧電体層1との接着性を高めるという点で、1%以上、一方、圧電体層1の絶縁性を高く維持し、かつ優れた圧電特性を得るという点で、2.9%以下がより望ましい。

#### 【0029】

これに対して、 $t_1/t_0$ が3%より大きい場合には、導体層2と圧電体層1との間の接着力は増すものの、圧電特性のばらつきが大きくなり、圧電体層1の絶縁性が低下する。

#### 【0030】

次に、本発明の積層型圧電素子の製法について説明する。以上のように構成された同時焼成型の積層型圧電素子は、以下のプロセスにより製造される。

#### 【0031】

この積層型圧電素子の製法において用いる仮焼粉末は、素原料として、Pb、ZrおよびTiを含むそれぞれの金属酸化物を、メディアを用いて混合し微粉化し、この混合物を900℃以下で仮焼したものである。この圧電粉末がAサイトにPbを、BサイトにZrおよびTiを少なくとも含むペロブスカイト型複合酸化物により構成される場合、サイト比 $A/B < 1$ の関係、特に、 $A/B = 0.980 \sim 0.999$ になるように組成を調整しておくことが望ましい。

#### 【0032】

次に、得られた仮焼粉末に対して有機バインダー、有機溶剤および可塑剤とを混合したスラリーを調製し、シート成形法によりグリーンシートを作製する。次いで、このグリーンシートの片面に、導体ペーストをスクリーン印刷法により印刷し導体パターンを形成する。本発明では、導体ペーストが少なくともPdを含むことを特徴とする。これにより、例えば、Agなどとの組み合わせにより、圧電体層となる磁器の焼結温度に任意に適合させることができる。次に、この導体パターンを乾燥させた後、導体パターンが形成された複数のグリーンシートを所定の枚数だけ積層し、この積層体の積層方向の両端部に、導電性ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層する。

#### 【0033】

次に、この積層体を50~200℃で加熱を行いながら加圧を行い、積層体を一体化する。一体化された積層体は所定の大きさに切断された後、300~600℃で5~40時間、脱バインダが行われ、1000℃以下、980℃以下で2~5時間、酸素濃度 $10^{-1} \sim 10^{-2}$  atm~0.195 atmの雰囲気中にて本焼成が行われ、圧電積層体3となる積層焼結体を得る。この圧電積層体3の側面には、導体層2の端部が露出している。

#### 【0034】

ここで、本発明の製法においては、圧電積層体を、上記の焼成温度範囲において、導体層2として貴金属を用いた場合には大気中にて焼成し、一方、導体層2がNiやCuを主成分とする場合には、強還元雰囲気に設定することが望ましい。

#### 【0035】

その後、該圧電積層体3の2つの側面において、導体層2の端部を含む圧電磁器の端部に該2側面において互い違いに接続されるように外部電極4を形成する。また、本製法では、この圧電積層体3の導体層2を1層おきに深さ50~150  $\mu\text{m}$ 、積層方向の幅50~100  $\mu\text{m}$ の溝を形成し、該溝にシリコンゴム等の絶縁体7を充填して絶縁してもよい。この後、正極用外部電極、負極用外部電極にリード線6を接続し、アクチュエータの外周面にデIPPING等の方法により、シリコンゴムを被覆した後、3 kV/mmの



極電界を印加して分極処理することで、最終的に圧電アクチュエータとなる積層型圧電素子を得る。

#### 【0036】

なお、本発明の積層型圧電アクチュエータは、四角柱、六角柱、円柱等、どのような柱体であっても構わないが、切断の容易性から四角柱状が望ましい。

#### 【0037】

本発明の積層型圧電素子を構成する圧電磁器は、上記したように、ペロブスカイト型結晶を主結晶相とするもので、異相は殆ど存在しないことが望ましい。また、Ag、Al、Fe、S、Cl、Eu、K、P、Cu、Mg、Si等が不可避不純物として混入する場合もあるが、特性上問題ない。

#### 【0038】

次に、上記の積層型圧電素子により構成される噴射装置について説明する。図3は、本発明の噴射装置を示すもので、図において符号31は収納容器を示している。この収納容器31の一端には噴射孔33が設けられ、また収納容器31内には、噴射孔33を開閉することができるニードルバルブ35が收容されている。

#### 【0039】

噴射孔33には燃料通路37が連通可能に設けられ、この燃料通路37は外部の燃料供給源に連結され、燃料通路37に常時一定の高圧で燃料が供給されている。従って、ニードルバルブ35が噴射孔33を開放すると、燃料通路37に供給されていた燃料が一定の高圧で内燃機関の図示しない燃料室内に噴出されるように形成されている。

#### 【0040】

また、ニードルバルブ35の上端部は直径が大きくなっており、収納容器31に形成されたシリンダ39と摺動可能なピストン41を有している。そして、収納容器31内には、噴射装置において圧電アクチュエータとなる積層型圧電素子43が収納されている。

#### 【0041】

このような噴射装置では、圧電アクチュエータ43が電圧を印加されて伸長すると、ピストン41が押圧され、ニードルバルブ35が噴射孔33を閉塞し、燃料の供給が停止される。また、電圧の印加が停止されると圧電アクチュエータ43が収縮し、皿バネ45がピストン41を押し返し、噴射孔33が燃料通路37と連通して燃料の噴射が行われるようになっている。

#### 【実施例】

#### 【0042】

本実施例では、本発明の製法を用いて作製した積層型圧電素子にて評価を行った。まず、原料粉末として高純度の $Pb_3O_4$ 、 $ZrO_2$ 、 $TiO_2$ 、 $BaCO_3$ 、 $SrCO_3$ 、 $WO_3$ 、および $Yb_2O_3$ などの各原料粉末を所定量秤量し、次いで、この混合物を脱水、乾燥した後、 $750^{\circ}C$ で3時間仮焼した後に解砕した。なお、上記の原料を用いて形成されるペロブスカイト型複合酸化物の主構成鉱物を、 $Pb(ZrTi)O_3$ と表わしたときの、A/B比は0.99~1とした。Bサイトの平均価数は4.005とした。

#### 【0043】

次に、得られた仮焼原料と、有機高分子からなるバインダーと、可塑剤とを混合したスラリーを作製し、スリップキャスト法により、厚み $150\mu m$ のセラミックグリーンシートを作製した。このグリーンシートの片面にAg-Pdを主成分とし、Ag/Pd比が所定値を有する導体ペーストを、スクリーン印刷法により $5\mu m$ の厚みに印刷し、導体パターンを乾燥させた後、導体パターンが形成された複数のグリーンシートを200枚積層し、この積層体の積層方向の両端部に、導電性ペーストが塗布されていないグリーンシートを10枚積層した。

#### 【0044】

次に、この積層体を $100^{\circ}C$ で加熱を行いながら加圧を行い、積層体を一体化し、 $12mm \times 12mm$ の大きさに切断した後、 $800^{\circ}C$ で10時間の脱バインダを行い、 $950 \sim 1000^{\circ}C$ で2時間、表1に示す酸素濃度にて本焼成を行ないアクチュエータ本体とな

る積層焼結体を得た。圧電体層の厚みは平均  $120\mu\text{m}$  であった。

#### 【0045】

その後、この積層焼結体の2つの側面において、導体層端部を含む圧電磁器の端部に該2側面において互い違いになるように、外部電極を形成した。この後、正極用外部電極、負極用外部電極にリード線を接続し、積層型圧電素子の外周面にデIPPINGにより、シリコンゴムを被覆した後、 $3\text{ kV/mm}$  の分極電圧を印加し、積層型圧電素子全体を分極処理して本発明の積層型圧電素子を得た。

#### 【0046】

まず、磁器の粒径は、断面研磨した試料について電子顕微鏡を用いて求め、Pb-Pdの反応層については分析電子顕微鏡にてこれらの成分の分析を行い求めた。積層型圧電素子については、絶縁抵抗、実効的な圧電歪定数、キュリー温度の評価を行った。絶縁抵抗は1V、30秒印加後の抵抗を測定した。実効的な圧電歪定数の評価は、防震台上に固定した積層型圧電素子試料に対し積層方向に150kgfの予荷重を加えた状態で、0~200Vの電圧を印加し、その時の積層型圧電素子試料の全長の変化量を測定し、この変化量を積層数および印加電圧で除することにより算出した。キュリー温度は、圧電磁器の静電容量の温度特性を測定して求めた。

【表1】

試料No.	A/B比	導体層	焼成時の 酸素濃度	反応層厚 み比	剥離あり なし	絶縁抵抗	実効的 圧電歪定数 $d_3$	キュリー温度
		組成	atm	%		$\Omega$	pm/V	$^{\circ}\text{C}$
*1	0.99	95/5	0.200	4.00	なし	$10^8$	860	332
2	0.99	95/5	0.195	2.70	なし	$6 \times 10^8$	890	331
3	0.99	95/5	0.190	2.00	なし	$7 \times 10^8$	880	330
4	0.99	95/5	0.180	0.90	あり	$8 \times 10^8$	870	329
5	1	95/5	0.195	3.00	なし	$4 \times 10^8$	860	328
6	0.99	90/10	0.195	2.80	なし	$5 \times 10^8$	890	332
7	0.99	85/15	0.195	2.90	なし	$5 \times 10^8$	890	333

\*印は本発明の範囲外の試料を示す。

#### 【0047】

表1の結果から、本発明の積層型圧電素子である試料No. 2~7では、磁器の相対密度がいずれも95%以上、平均結晶粒径はいずれも1~6 $\mu\text{m}$ であった。また、これらの試料では、剥離もなく、絶縁抵抗が $4 \times 10^8\Omega$ 以上、実効的な圧電歪定数が860pm/V以上、キュリー温度も328 $^{\circ}\text{C}$ と高く安定していた。

#### 【0048】

一方、本発明外の、大気中(0.2atm)にて焼成して作製した試料No. 1では、Pb-Pd反応層の比率が4%と大きくなり絶縁抵抗が $10^8\Omega$ であった。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0049】

【図1】本発明の積層型圧電アクチュエータを示す斜視図である。

【図2】本発明の積層型圧電素子を構成する圧電体層と導体層との界面の拡大模式図である。

【図3】本発明の噴射装置の説明図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0050】

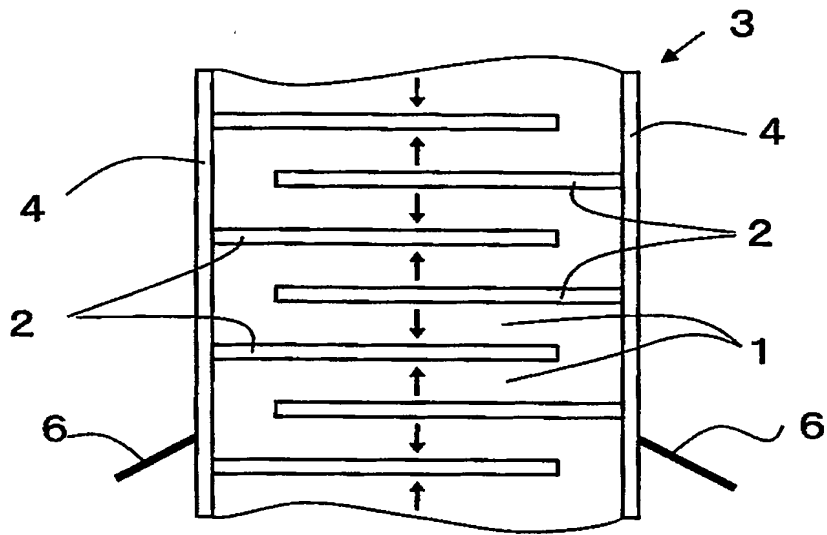
- 1・・・圧電体層
- 2・・・導体層
- 31・・・収納容器
- 33・・・噴射孔



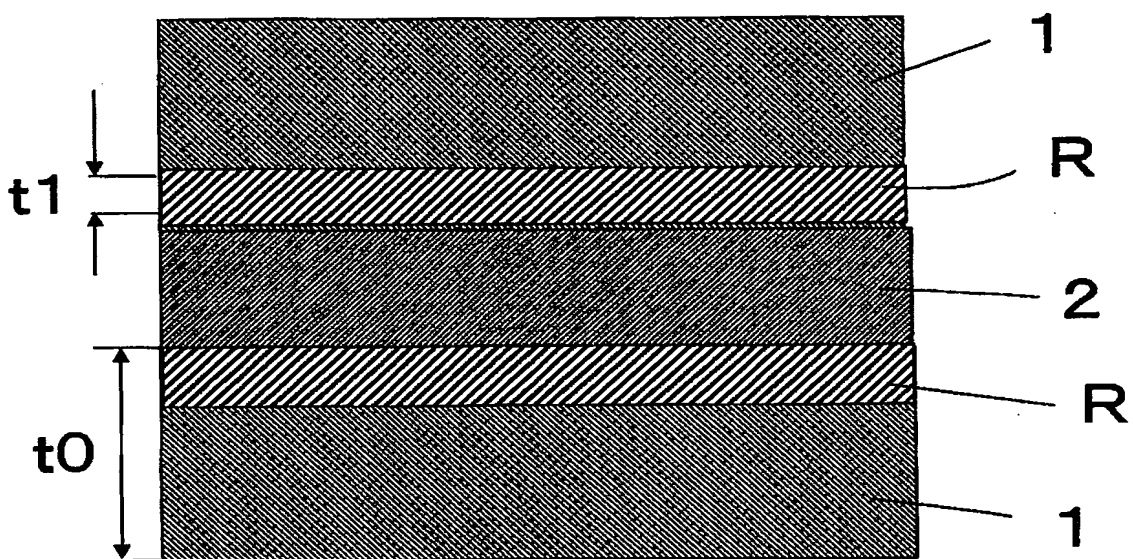
35 . . . バルブ  
43 . . . 圧電アクチュエータ  
R . . . . 反応層

【書類名】 図面

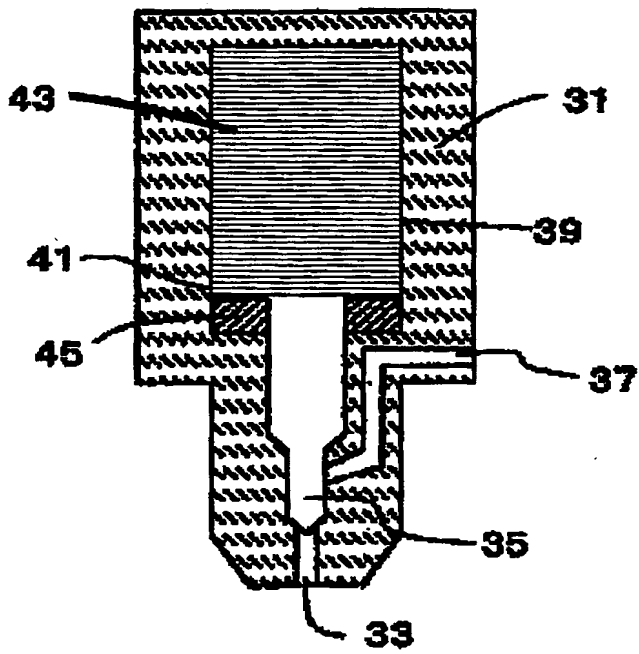
【図 1】



【図 2】



【図 3】



## 【書類名】 要約書

## 【要約】

【課題】 圧電体層中への P b と P d との反応層の形成を抑制して優れた逆圧電効果が得られ、信頼性に優れた積層型圧電素子およびその製法、並びに噴射装置を提供する。

【解決手段】 それぞれ、P b 成分を含む圧電体層 1 と、P d 成分を含む導体層 2 とを交互に積層してなる積層型圧電素子において、前記圧電体層 1 と前記導体層 2 との界面における前記 P b および P d との反応層 R の厚みが、前記圧電体層 1 の最大厚みの 3 % 以下であることを特徴とする。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 4 2 6 9 0 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 6 6 3 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 8 年 8 月 2 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地

氏 名

京セラ株式会社

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019447

International filing date: 17 December 2004 (17.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2003-426902  
Filing date: 24 December 2003 (24.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 03 March 2005 (03.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse